

MIGRACIÓN DE TOPOLOGÍA LINEAL A TOPOLOGÍA EN ANILLO DE UNA RED SDH DE FIBRA ÓPTICA DE ALTA DISPONIBILIDAD

Ing. Espin Raúl

[\(raulhec06@hotmail.com\)](mailto:raulhec06@hotmail.com)

Ing. Silva Rodrigo

[\(rsilva@deee.espe.edu.ec\)](mailto:rsilva@deee.espe.edu.ec)

Ing. Saenz Fabian

[\(fsaenz@deee.espe.edu.ec\)](mailto:fsaenz@deee.espe.edu.ec)

SANGOLQUÍ-ECUADOR

Abril 2011

RESUMEN

En el presente trabajo, se define y analiza una red SDH en topología lineal protegida y en operación constituido por enlaces de fibra óptica y equipos multiplexores NGN a partir de la cual se propone un proceso sistemático que incluye conceptos de reutilización de infraestructura o elementos de red ya operativos, tiempo de indisponibilidad de servicios de red mínimos, mediante una baja inversión y alineados a un crecimiento progresivo de las redes para constituir una red SDH en topología en anillo.

Se incluye las mejores prácticas, recomendaciones y detalles técnicos tanto para el liderazgo, diseño y ejecución dentro de un esquema de proyecto técnico gerencial.

INTRODUCCIÓN

Los Operadores de Telecomunicaciones en Ecuador al igual que otros operadores en el mundo emplea el estándar internacional para una red de fibra óptica de telecomunicaciones de alta capacidad según las normas G.707, G708, G.709 de la ITU conocido como SDH y aprovechando las ventajas de esta tecnología entre las que se destaca la facilidad de infraestructura de red simple, económica, flexible y fiable, han desplegado su redes de backbone o redes troncales en base a los requerimientos de ancho de banda de los servicios que trafican y utilizando equipos multiplexores SDH en configuraciones de tipo serial, es decir, uno a continuación de otro, conocida como, topología lineal, mediante enlaces de fibra óptica entre cada nodo.

También es conocido que las redes en anillo sean estas redes IP, SDH u otras presenta una ventaja adicional sobre las redes lineales que es la redundancia de ruta al fallo drástico de uno de los

elementos de red sea este un equipo o un enlace. De aquí nace una primera necesidad de cambiar de topologías las redes que desde sus inicios no han sido configuradas en anillo.

En un escenario drástico, el cambiar de red de topología lineal a topología en anillo consistiría en montar una red completamente nueva en paralelo a la existente, implicando inversión en infraestructura nueva, costo de instalar nuevos equipos y enlaces de fibra óptica, y finalmente, las pérdidas por mantener una red lineal improductiva y duplicar la infraestructura en relación al crecimiento de la red. De este último punto nace la necesidad de reutilizar la infraestructura instalada por cada empresa.

ALCANCE DEL PROYECTO.

El proyecto tiene como alcance:

- Proponer un modelo característico y generalizado de red lineal conformado por tres nodos.
- Proponer un modelo de red en anillo a conformar, analizando las ventajas y desventajas en implementación, durante su operación y reflejadas en costos.
- Diseñar y proponer una solución técnica en base a un plan sistemático para cambiar de topología produciendo la menor indisponibilidad de servicio.
- Sugerir detalles técnicos que se deberán considerar para realizar cambios similares.

OBJETIVOS

El presente proyecto tiene como principal objetivo diseñar a partir de un modelo de red de alta disponibilidad conformado por tres nodos SDH y red de fibra óptica, un proceso general para cambiar de topología de conexión lineal a topología en anillo.

- Promover la ejecución del cambio con bajo costo al reutilizar la infraestructura y los tramos de fibra óptica instalados y en operación cuya autorización frente a Municipios de la zona o demás entes reguladores, como por ejemplo Senatel, que en el caso de estar en regla ocasiona una optimización en tiempo y costos.
- Establecer las características y especificaciones que deberán tener los equipos, tarjetas, conexiones de tal forma puedan operar sin inconvenientes entre ellos.

DEFINICIÓN DE MODELO DE LA RED INICIAL EN OPERACIÓN

La mejor forma de describir la red inicial y en operación se resume en la Figura 1 y a continuación se describirá y detallara cada unas de sus partes.

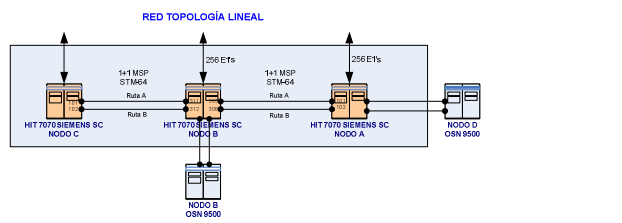


Figura 1: Modelo de red inicial en operación

La red lineal a tratar básicamente estará compuesta por tres nodos SDH cuyo tráfico requiere alta disponibilidad dada la importancia de los servicios o el tráfico que cruce en entre los nodos. La interconexión entre los tres nodos es principalmente por fibra óptica de capacidad 1 STM-64 en configuración lineal 1+1 MSP, es decir que, entre El Nodo A y Nodo B existen dos fibras ópticas por rutas independientes conectadas a un equipo en cada sitio, el mismo escenario presenta la conexión entre nodo B y Nodo C donde el punto en común para los dos tramos es el equipo de Nodo B.

Asumiremos que el operador tiene equipos en funcionamiento de la marca Siemens, modelo HIT7070 DC y SC y como también de la marca Huawei modelo OSN9500 y OSN3500.

La diferencia principal a destacar entre los equipos Hit7070 y OSN9500 es que el primero permite subir y bajar tráfico a nivel de tributarios E1 o VC12 mientras que el OS9500 permite subir o bajar tráfico a nivel de conexiones STM-1, esta diferencia sumada a la facilidad de administración y análisis de tráfico que presenta la plataforma de Huawei que hace que el uso del OSN 9500 sea como equipo de backbone o core.

Como punto adicional se menciona que cada fabricante de equipos provee su sistema de gestión y mantenimiento. Para el caso de los equipos marca Siemens el sistema de gestión se llama TNMS mientras que para la marca Huawei es el T2000, la diferencia principal y de ventaja para el proyecto es la facilidad de operación del segundo al permitir crear servicios origen – destino mientras el software calcula y crea las rutas intermedias.

Características de las fibras ópticas existentes.

Se supondrá que existen secciones de fibra óptica desplegada, autorizada y en funcionamiento que interconectan dichos nodos con la característica general que por cada sección existe dos fibras ópticas de manera paralela pero por rutas completamente independientes Para el modelo de análisis se define la utilización de la fibra óptica del tipo monomodo SM (SingleMode) normalizada en ITU-T G.652 que trata de la FO más popular en redes de telecomunicaciones actuales dado costo de fabricación. En la siguiente tabla se resumen parámetros adicionales e importantes a considerar de la FO, se asume que por encontrarse dos fibras en paralelo sus distancias no difieren en magnitud considerable y por tal se las considera iguales:

Tabla 1: Característica de fibra óptica entre nodos

Tramo	Distancia (Km)	Pérdidas en la fibra (dB)	Pérdidas en empalmes intermedios (dB)	Pérdidas en ODFs y patch cords (dB)	Atenuación del trayecto proyectada (dB)
Ruta Nodo A – Nodo B	9.11	-1.82	-0.8	-3	-5.622
Ruta Nodo B – Nodo C	22.05	-4.41	-1.6	-3	-9.01

Capacidad e importancia del tráfico que cruza la red inicial.

Para nuestro modelo de análisis, se supondrá que la capacidad de tráfico entre nodos de la red inicial es de un STM-64 es decir que, las tarjetas de interfaz son de dicha capacidad. El tráfico efectivo que cruza cada enlace se encuentra al 46% y se recalca que el tráfico es inferior al 50% que hace que un simple fallo en el sistema pueda tener un impacto nocivo en los servicios proporcionados por la red si no se dispone de una protección adecuada. Una red resistente que asegure el tráfico que porta y que pueda restaurarlo automáticamente ante cualquier evento de fallo es de vital importancia. Los sistemas de transmisión SDH permiten desplegar esquemas de protección estándar uno de ellos es una conmutación multiplexada conocida como MSP.

Se asume también que todo el tráfico es bidireccional,

Para conformar un anillo SDH se debe considerar que está limitado el número máximo de nodos que no debe exceder de 16 debido al campo de identificación del nodo de 4 bits en los bytes K1 y K2 del protocolo APS. Para este proyecto esto no será inconveniente.

CARACTERÍSTICAS DE RED A DISEÑAR

La red en anillo a configurar incluye los siguientes conceptos:

- Reutilizar los enlaces de fibras ópticas existentes entre nodos.
- Crear un anillo con redundancia de equipo en los extremos.
- Optimizar el tráfico inicio a fin de tal manera no se utilicen recursos de los equipos.
- El anillo estará compuesto por equipos de distinto fabricante al que se encuentran en operación en red lineal.
- La red permitirá cambios a nivel físico y a nivel de servicios o lógico de manera independiente para facilitar el cambio.
- Todos los elementos o equipos activos del anillo deben poseer gestión remota.
- Dado que el cambio no se lo realiza por ampliación de capacidad sino más bien por ampliar la disponibilidad, la capacidad de tráfico en el anillo a formar será de un STM-64.

Ventajas y desventajas de la nueva topología.

Dentro de las ventajas de desarrollar el cambio de topología a anillo se encuentran:

- Incrementar la disponibilidad al utilizar la protección de servicios por una segunda trayectoria en el anillo.
- Diversificar el tráfico en varios equipos y eliminar puntos críticos de fallo al utilizar un solo equipo que concentre todos los servicios.
- Facilitar el Mantenimiento de los equipos sin temor a afectar el tráfico.
- Facilitar una topología que permita en futuros requerimientos de capacidad o cambio de tecnología migrar menor riesgo al servicio. Un ejemplo de esto es pasar de SDH a DWDM utilizando las fibras ópticas existentes.

Dentro de las Desventajas del sistema en anillo se encuentran:

- El incremento de equipos activos y tarjetas y en consecuencia un incremento en el costo del mantenimiento de la red.
- Elevar la complejidad en la administración de los servicios al tener más de una ruta a monitorear.

PROPUESTA TECNICA

La estrategia a utilizar en el cambio de topología es la emulación de red que de manera general consiste en hacer creer a los equipos o simular que sus conexiones se encuentran intactas mediante una manipulación por etapas de configuraciones lógicas y físicas específicas que en el modelo OSI constituirían el Nivel 1 y Nivel 2 respectivamente. A continuación se explica de forma gráfica el proceso de migración física.

En la Figura 2 se indica la configuración inicial de la red junto con los equipos nuevos o adicionales a instalar para configurar la topología en anillo. En este punto es importante contar con la gestión remota de los equipos para ejecutar las configuraciones de servicios, en la Figura 3 se muestra con líneas

punteadas rojas la configuración necesaria para el tráfico entre el Nodo A y el Nodo B, mientras que con línea punteada naranja la configuración entre el Nodo B y el Nodo C. Es importante aclarar que la redundancia de cada ruta en el anillo es la que pasa por los equipos OSN 9500 2 de los nodos A y C.

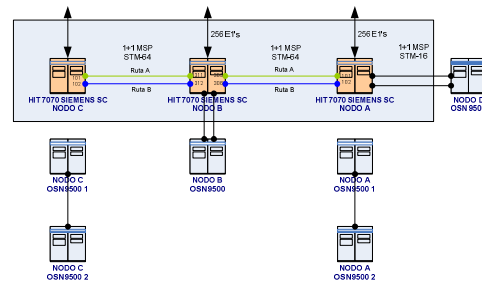


Figura 2: Proceso de migración 1, equipos a instalar

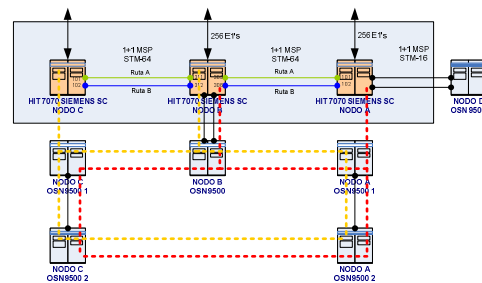


Figura 3: Proceso de migración, configuración lógica de servicios.

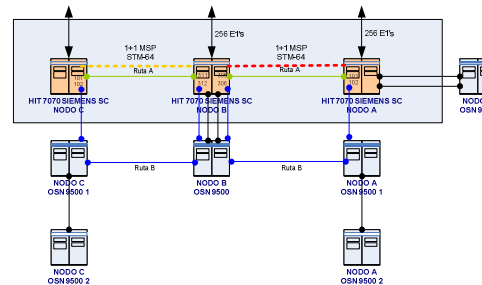


Figura 4: Proceso de migración, cambio de FO ruta B, ruta A con tráfico

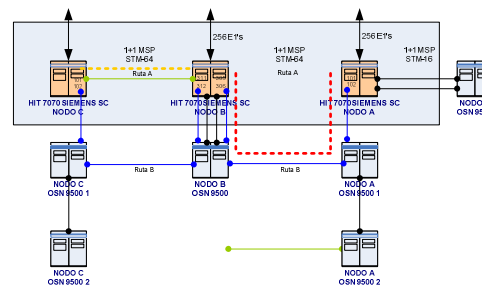


Figura 5: Procedimiento de migración, cambio de tráfico al desconectar ruta A.

PLAN DE MIGRACIÓN

Hasta este punto se ha explicado la idea y el proceso necesario para realizar el cambio a nivel técnico del modelo, pues bien, el presente apartado tiene como misión dar a entender el nivel de detalle que se debe planificar para la ejecución.

Para el modelo expuesto se han definido o asumido varios datos importantes para el diseño (tipos de tarjetas, tipos de equipos, ubicaciones, tipos de conexiones, entre otras) los cuales en caso real deben ser revisados de forma local en los sitios donde se encuentra la red lo que en un cronograma de proyecto se traduce en una tarea,

Para minimizar el impacto o disponibilidad otra estrategia a utilizar es la de separar actividades por su duración y complejidad, es por eso se lo hace en Migración física y migración lógica.

PLAN DE MIGRACIÓN FÍSICA DE TRÁFICO

En este punto para el modelo a tratar se asumirá que se ha cumplido con la instalación de cada elemento de forma correcta, como sugerencia importante para corroborar el cumplimiento se recomienda realizar un listado de los requerimientos, actividades o tareas que se lleven a cabo antes de migrar el tráfico como puede ser instalación de equipos, tarjetas o interfaces de línea, instalación de ODF o fibras ópticas desde un punto determinada a otro, certificación de fibras ópticas entre otras.

Pruebas de funcionamiento.

Básicamente las pruebas consisten en verificar tramo a tramo la conmutación de los servicios en el anillo de tal forma que ninguno de ellos puede salir de operación, como ejemplos se indican en las Figura 7 y Figura 8 algunos de los varios escenarios a comprobar:

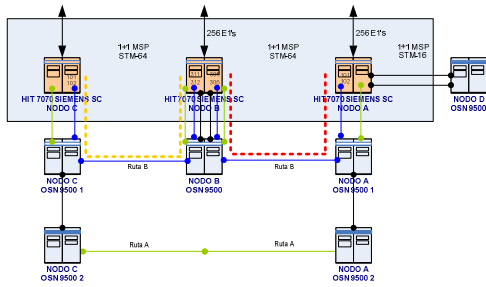


Figura 6: Procedimiento de migración, cambio de tráfico al desconectar rutas A

En el siguiente apartado se mencionarán características que se deben cumplir para la utilización de la emulación de red en este proyecto.

EMULACIÓN DE RED LINEAL SOBRE RED ANILLO

Para que el cambio sea factible con el menor impacto la red en anillo debe simular la red lineal en operación, para lograrlo, las conexiones físicas que es delicado manipular dado el riesgo se configurarán para formar el “anillo de fibra” óptica mientras que las configuración lógica estará configurada para formar la red lineal. Es claro entonces que se requiere migrar en dos pasos, la primera una migración de conexiones físicas y posterior la migración de conexiones lógicas o reconfiguración de servicios.

Para este modelo se ha definido utilizar equipos de diferentes marcas es por eso que se debe probar y garantizar el siguiente punto:

El funcionamiento entre equipos de distinta marca es garantizado por el objetivo del estándar SDH, sin embargo esta operación es a nivel de señales payload y existe la posibilidad que los parámetros adicionales como gestión, alarmas no sean transferidos.

Para esta aplicación se ha comprobado mediante pruebas controladas y de laboratorio que tanto la gestión de equipo remoto como las alarmas de servicios entre ellos no son administrables en los siguientes escenarios:

- Dos o más equipos de distinta marca conectados en serie no podrá tener gestión remota no más halla del primer equipo.
- Las alarmas de los servicios únicamente se podrán observar en los equipos origen y destino más no en los equipos intermedios dado la estructura SDH.

Por tal es necesario tomar acción como:

- Reconfigurar los bits de gestión que manejan los multiplexores dependiendo de cada fabricante
- Crear canales dedicados a manera de red LAN a través de los equipos a intervenir sin importar el fabricante y aprovechando la capacidad de los enlaces existentes.

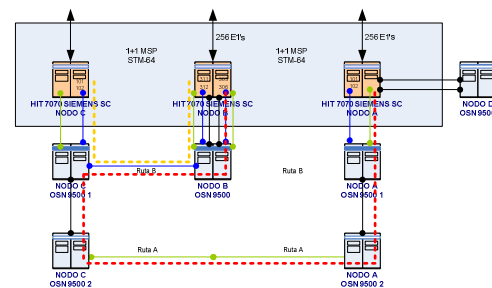


Figura 7: Pruebas de falla ruta B entre Nodo A y B y conmutación de tráfico.

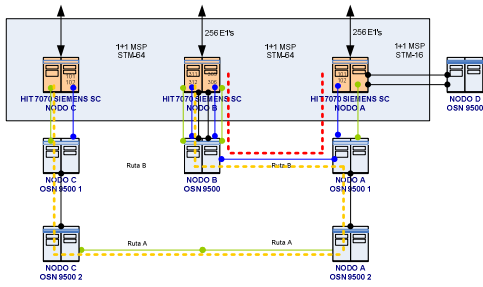


Figura 8: Pruebas de falla ruta B entre Nodo B y C y conmutación de tráfico

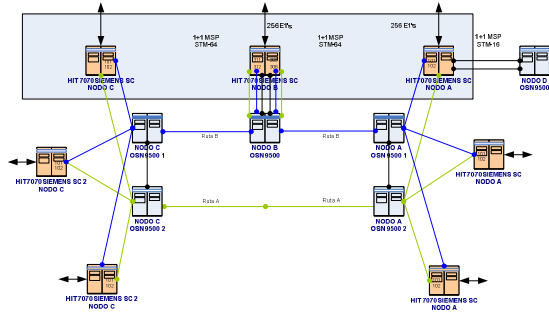


Figura 9: Proyección de la red en la configuración anillo

PLAN DE MIGRACIÓN LÓGICA.

La migración lógica constituye el paso más extenso del proyecto y no es más que la reconfiguración uno a uno de los servicios en el nuevo anillo. Es importante indicar que el tráfico en la red lineal inicial puede ser de tres maneras, que son:

Nodo A – Nodo C

Nodo A – Nodo B

Nodo B – Nodo C

Donde el primer nodo es el origen y el segundo es el destino. Para las dos últimas opciones de tráfico en cual va de uno a otro nodo consecutivo con las configuraciones realizadas en el paso de “Pre configuraciones lógicas” no existiría mayor cambio que realizar, pero no es así en la primera opción en el cual habrá que identificar cada canal entre nodos borrarlo y crearlo nuevamente de forma directa si pasar por el equipo HIT7070 del Nodo B y aprovechando la funcionalidad del T2000 que es sistema de gestión que administrará los servicios de los equipos Huawei del anillo. El proceso de identificar, borrar y crear precisamente es el que llevará un tiempo considerable por cada servicio y afectando exclusivamente al tráfico del servicio, dicho tiempo puede ser establecido en base de ejecutar la reconfiguración de 10 servicios previamente de prueba, es decir que si en promedio se obtiene que la reconfiguración de los servicios es de 10 min, y existen 1260 servicios, considerando un tiempo de trabajo de 8 horas diarias se requeriría de 27 días laborables para concluir la actividad.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez configurado la red en el anillo y ya con todos los servicios configurados es posible conectar nuevos equipos de características que permitan distribuir el tráfico o como ya se menciona permitan en un futuro migrar de tecnología a DWDM sin impactos en el tráfico. En la Figura 9 se esquematiza una proyección de la red para tener como idea de su aplicación. Se recalca que la opción presentada en este proyecto permite realizar el cambio con el menor corte de servicio al tráfico existente al realizar conmutaciones mínimas entre los tramos de protección de fibra óptica.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente proyecto a partir de un modelo simplificado de red de alta disponibilidad SDH conformado por tres nodos e interconectado por fibra óptica se estableció un proceso sistemático y general para cambiar de topología lineal a topología en anillo reutilizando la infraestructura asumida como instaladas y en operación.

Dentro del desarrollo de este documento se estableció las características, especificaciones técnicas y pautas básicas que se deberán considerar para el desarrollo de proyectos similares de igual o mayor alcance.

El proceso de cambio sugerido es válido aplicar siempre y cuando la suma del tráfico en la topología lineal inicial en cada uno de sus tramos no supere la capacidad total del anillo a conformar.

El éxito de la ejecución del proyecto no depende exclusivamente del diseño técnico, sino también de los recursos y por tal es de vital importancia capacitación y comunicación a los recursos del equipo de trabajo sobre todo el procedimiento, las implicaciones y efectos, pasos a realizar en caso de fallas, tiempos de respuesta y demás y sobre todo se deberá garantizar la comunicación directa durante la ejecución de las migraciones para garantizar el éxito.

El nivel de detalle que se maneje en esquematizar el diseño de la red para este tipo de cambios constituirá es un punto clave para garantizar el éxito de la ejecución, no se puede pasar por alto detalle mínimo que parezca y es recomendable que todos los recursos lo conozcan.

En caso que los sistemas de gestión o equipos lo permitan previo a realizar cualquier cambio ya sea físico o lógico se recomienda sacar un respaldo de información para que en caso de fallo sea factible utilizar el respaldo para recuperar el tráfico en menor tiempo.

La Protección MSP es únicamente aplicable para secciones (tramos) sean estas en una topología lineal o en anillo mientras que la protección SNCP es protección de inicio a fin la ruta completa de un servicio y se la utiliza principalmente en topologías en anillo y mallas.

BIBLIOGRAFÍA

Herrera Perez, Enrique. "Introducción a las telecomunicaciones modernas", Editorial: LIMUSA sa. Año de Edic: 2006.

Ortega Tamarit, Beatriz. "Redes ópticas", Editor Ed. Univ. Politéc. Valencia", 2007, ISBN 848363001X, 9788483630013, N.º de páginas 376 páginas

Herrera, Enrique; Herrera Pérez, Enrique. "Tecnologías y redes de transmisión de datos", Editor Editorial Limusa, 2003, ISBN 9681863836, 9789681863838, N.º de páginas 312 páginas

Alwayn, Vivek. "Optical network design and implementation, Networking technology series", Cisco Press networking technology series, Edición ilustrada, Editor Cisco Press, 2004, ISBN 1587051052, 9781587051050, N.º de páginas 809 páginas

Caballero, José Manuel. "Redes de banda ancha", Serie: Mundo Electrónico, Mundo electrónico, Editor Marcombo, 1998, ISBN 8426711367, 9788426711366, N.º de páginas 252 páginas

Helvoort, Huub Van. "Next generation SDH/SONET: evolution or revolution?", Edición ilustrada, Editor John Wiley and Sons, 2005, ISBN 0470091207, 9780470091203, N.º de páginas 240 páginas

Tanenbaum, Andrew S. "Redes de computadoras", Edición 4 Editor Pearson Educación, 2003, ISBN 9702601622, 9789702601623, N.º de páginas 891 páginas

Millán Tejedor, Ramón Jesús. "La tecnología líder del transporte óptico: SDH", [en línea] Publicado en Comunicaciones World nº 157, IDG Communications S.A., 2001. Revisada el 4-ene-2011, Disponible en: http://www.ramillan.com/tutoriales/sdh_parte2.php

Anónimo, "Standart de fibras ópticas", [en línea], revisada el 4-ene-2011, Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/6539521/02-Standard-de-Fibras-Opticas>

Brand – Rex Technical, "Helping you build better networks", [en línea], Seminario, serie 2009, revisada el 4-ene-2011, Disponible en: <http://www.brand-rex.es/LinkClick.aspx?fileticket=qiy7bOefl7E%3D&tabid=3131>

Varios autores y colaboradores, "Alta Disponibilidad", [en línea], Wikipedia la enciclopedia libre, actualización 12-nov-2010, revisada el 4-ene-2011, Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Alta_disponibilidad

Carvajal Dávila, Elba Cristina. "Elaboración de una guía de procedimientos de medición y monitoreo en sistemas de comunicación SDH para que tengan la característica de tolerancia a fallas", Tesis de Grado, EPN, Febrero 2008 [en línea], Disponible en: <http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/123456789/1076/4/T10886CAP3.pdf>

Domínguez Picazo, Jose Maria. "Jerarquía Digital Síncrona (SDH)", Capítulo 8: Esquemas de protección, Curso compartido, Mayo-2004, [en línea], Disponible en: <http://www.maixmail.com/curso-jerarquia-digital-sincrona-sdh/esquemas-proteccion-1>

Schmidberg, Eduardo. "Introducción a la Tecnología SDH", Curso compartido, revisada el 4-ene-2011, Disponible en: <http://www.ieee.org.ar/downloads/sdh-intro.pdf>

Javierp. "Transparencias de clases y varios" Curso compartido, revisada el 6-ene-2011, Disponible en <http://iie.fing.edu.uy/~javierp/SDH/Transparencias%20de%20la%20clase%20y%20varios/sdh-alarmas/>

D'Sousa, Carmen. "Cableado", Monografía compartida, revisada el 4-ene-2011, Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos11/cabes/cabes.s.html>

Joskowicz, José. "CABLEADO ESTRUCTURADO", Documento compartido, Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, URUGUAY, Setiembre 2006, Versión 5, Disponible en: <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/455/1/Cableado%20Estructurado.pdf>